

Gäller för: Verksamhet AnOplva neonatal barn
Innehållsansvar: Elín Thorlacius, (elith8), Överläkare
Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Giltig från: 2025-01-29
Giltig till: 2030-01-29

CRRT med PrisMax på BIVA

Förändringar sedan föregående version

Nytt dokument.

Sammanfattning

Dokumentet innehåller riktlinjer för kontinuerlig hemodialys på BIVA med genomgång av följande:

- Fysiologi och principer för kontinuerlig hemodialys
- Viktiga koncept för inställningar och larm på Prismax, filter och dialysvätskor
- Ordnation av hemodialys vid olika åldrar vid akut njursvikt och vid icke-renala orsaker (hyperammonemi, intoxicationer mm)
- Nutrition, läkemedelsbehandling och monitorering av patienten
- Njurprotektion och avveckling av CRRT

Bakgrund och syfte

Syftet med rutinen är att ge riktlinjer för CRRT på BIVA utifrån patients ålder och diagnos/orsak till behov av dialys.

Utförande

Läkare på BIVA ansvarar för ordination av CRRT behandlingen. Medvetet avsteg från rutinen dokumenteras i journalsystemet om rutinen är kopplad till patient. Övriga orsaker till avsteg från rutinen rapporteras i MedControl PRO.

Länk till relaterade rutiner

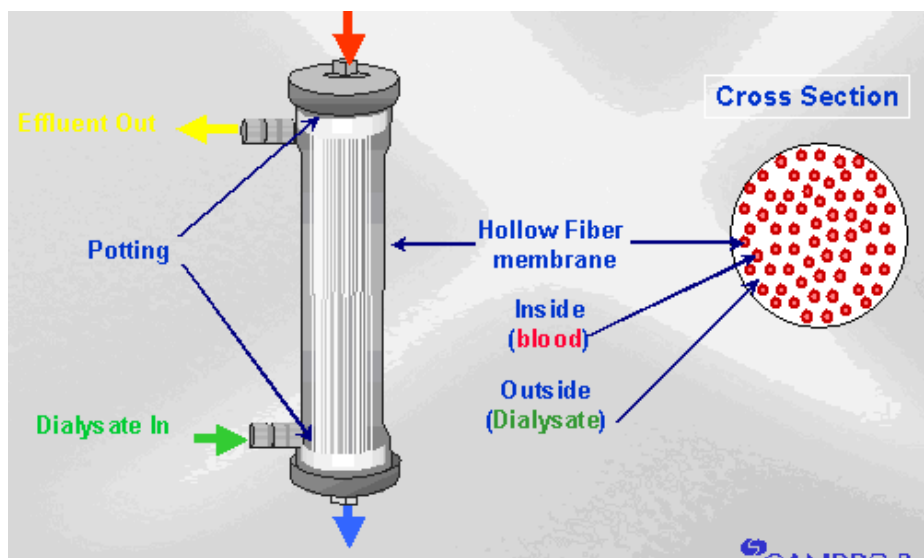
1. [Central dialyskateter-kateterval och inläggning](#)
2. [Heparinschema – rutiner på BIVA](#)
3. [Akutdialys med PrisMax](#)

Innehåll

Bakgrund kontinuerlig hemodialys (CRRT)	4
Hemodialys (CVVHD) - Diffusion	4
Hemofiltration (CVVH) – Konvektion	5
Hemodiafiltration CVVHDF = CVVH + CVVHD	6
Ersättningsvätska före och efter filter.....	6
Molekylstorlekar – vad elimineras vid CRRT.....	7
Förluster av näringsämnen och läkemedel vid CRRT.....	9
Val av filter	10
Ordination av blodflödet	10
Dialysvätskor	11
Hemosol B0 och Phoxilium	11
Hemosol B0 och Phoxilium – undantag från grundregeln	12
Hypo- och hypernatremi – extratillsatser i dialysvätskorna	12
CRRT vid akut njursvikt	13
Orsaker till akut njursvikt på BIVA och indikationer för dialys	13
CRRT inställningar vid akut njursvikt	15
CRRT inställningar vid akut njursvikt och svår hyperkalemi	15
CRRT inställningar vid mycket högt urea och risk för dialys dysequilibrium syndrome	16
Andra indikationer för CRRT än akut njursvikt	17
Hyperammonemi hos nyfödda – ureacykel defekter.....	17
Akut leversvikt med höga ammonium värden.....	19
Septisk chock.....	20
Rabdomyolys med högt myoglobin	22
Kraftig tumorsöndring, tumorlys.....	22
Intoxikationer	23
Viktiga begrepp kring larmfunktioner och filterstatus	25
Oavsiktligt vätskeborrtag.....	26
PrisMax: pumpar och sensorer	27
Filteröverlevnad	31
Faktorer att övervaka hos patienten under pågående CRRT	33
Hypotermi.....	33
Njurprotektion – målvärde blodtryck, läkemedel mm.....	33
Läkemedelsdoseringar.....	34
Nutrition och elektrolyter	34
Avveckling av CRRT	36
Diuretikatest	37
Barn som är dialysberoende under längre tid	37
Arbetsgrupp	38
Källförteckning	38
Provtagningschema CRRT dag 1-6 Normalt CRRT-flöde	41
Provtagningschema CRRT Högflödes-CRRT (>40 ml/kg/h)	42
Provtagningschema CRRT från dag 7	43

Bakgrund kontinuerlig hemodialys (CRRT)

Dialysfiltret innehåller ihåliga fibrer/kanaler som vardera har membran med porer för små och mellanstora molekyler. Blodet pumpas genom filtrets kanaler och dialysvätskan pumpas in i utrymmet mellan kanalerna (*Figur 1*).

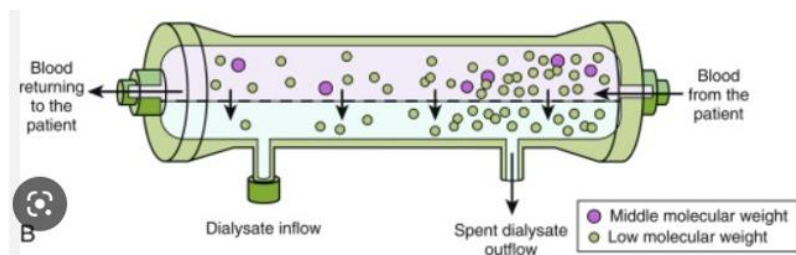


Figur 1. Dialysfiltret

Transporten av molekylerna från blodet över membranet till dialysvätskan sker med **diffusion (hemodialys) och/eller konvektion (hemofiltration)**. Hemodialys påminner om diffusionen från en tepåse i vatten medan hemofiltration kan liknas med en kaffebryggare där vatten och molekyler pressas genom kaffefiltret.

Hemodialys (CVVHD) - Diffusion

Små molekyler (ex. urea, kreatinin, ammonium, kalium), men ingen vätska, diffunderar passivt igenom membranets porer från hög till låg koncentration dvs. från blodsidan av membranet över till dialysvätskan. Blodet och dialysvätskan pumpas in i filtret med motsatt riktning av varandra (*Figurer 1 och 2*) vilket gör att det skapas även en gradient längs filtret.

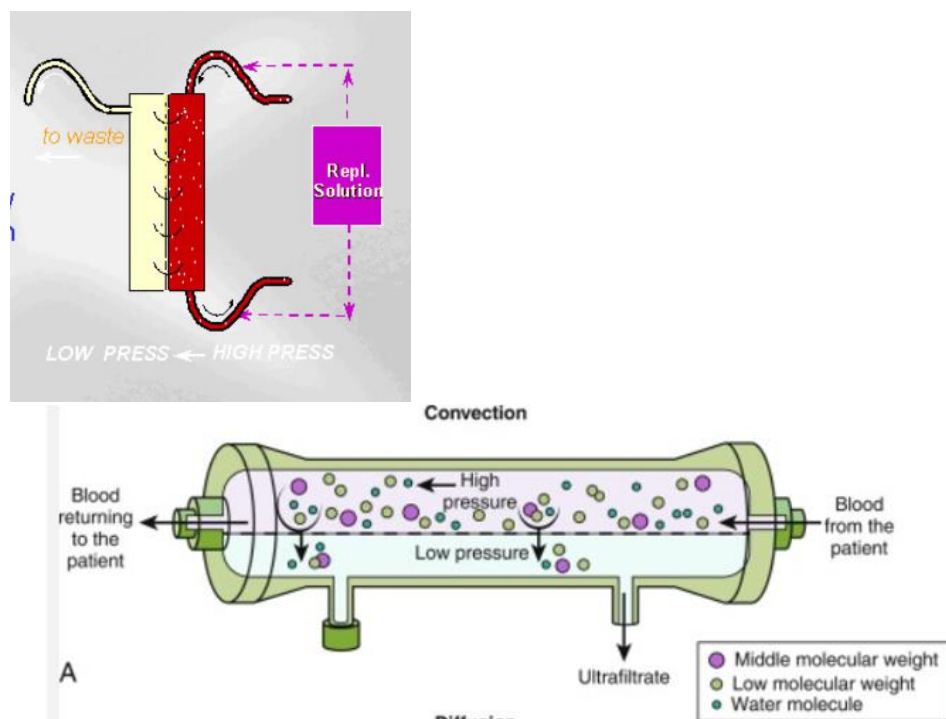


Figur 2. Diffusion av små molekyler via membranporerna. Blodet pumpas in i filtret från motsatt håll till dialysvätskan för att skapa gradient längs filtret.

Vid ökad flöde hastighet av dialysvätskan till filtret ökar clearance av små molekyler. Ökat blodflöde bidrar även till ökat clearance. CVVHD er den bästa metoden för att filtrera ut små molekyler.

Hemofiltration (CVVH) – Konvektion

På grund av högre tryck på blod-sidan av membranet jämfört med dialys-sidan transporteras vatten från blodbanan över porerna i membranet och tar med sig små och medelstora molekyler. Clearance av molekyler beror på ultrafiltrationsflödet över membranet och storleken på membranets porer (kan variera beroende på typ av filter).

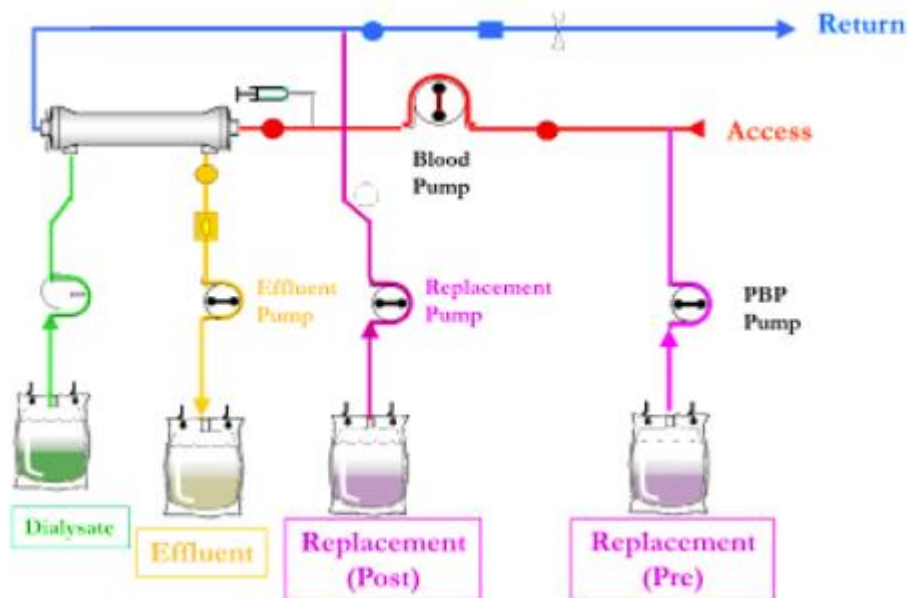


Figur 3. Konvektion. Vätska samt små och medelstora molekyler pressas över filtret från blodbanan. Bästa metoden för att få ut medelstora molekyler. Ersättningsvätskan kan ges in i blodbanan före filtret och/eller efter.

På grund av vätskeförlusten som uppstår vid hemofiltrationen behövs det ersättningsvätska in i blodbanan för att kompensera för vätskeförlusten. Ersättningsvätskan kan ges före eller efter att blodet går in i filtret. Före filtret kallas för predilution eller prefilter ersättning (förkortat PBP) och efter filtret kallas för postdilution, postfilter eller bara ersättning. Om vätskeborttaget i maskinen är inställt på 0 får patienten lika mycket ersättningsvätska in i blodbanan som vätskan som drivs ur blodbanan. Vill vi att patienten får en negativ vätskebalans styrs det med flödes hastigheten på vätskeborttaget.

Hemodiafiltration CVVHDF = CVVH + CVVHD

Vi använder alltid CVVHDF, dvs både hemodialys/CVVHD och hemofiltration/CVVH (Figur 4). Dialyspumpen har grön färg på PrisMax och pumparna för ersättningsvätskan har rosa färg.



Figur 4. CVVHDF. Översikt över maskinens pumpar för: blodflöde, dialysat, ersättningsvätska pre- och postfilter, och avflöde (effluent).

Ersättningsvätska före och efter filter

Ersättningsvätskan före filtret späder ut blodet strax innan filtret och minskar risken för att blodet klottar i filtret. Även om dialysen blir lite mindre effektiv på grund av spädningen (ca 10–15%) är det starkt rekommenderat för barn att ge det mesta av ersättningsvätskan före filtret för att prioritera filteröverlevnad och därmed att det blir så få avbrott i dialysbehandlingen som möjligt.

Ersättningsvätska som ges efter filtret minskar risk för blod-luftkontakt i avluftsluftkammaren och därmed för bildning av skum och ökad risk för koagelbildning.

Enligt BIVAs ordinationskalkyl för PrisMax ges enbart en liten del av ersättningsvätskan efter filtret, men blir det problem med skum (och koagel) i avluftsluftkammaren kan man öka upp andelen ersättningsvätska efter filtret.

Lästips och referenser

-Principles of CRRT: <https://www.lhsc.on.ca/critical-care-trauma-centre/principles-of-crrt>

-Nomenclature for renal replacement therapy and blood purification techniques in critically ill patients: practical applications [1]

Molekylstorlekar – vad elimineras vid CRRT

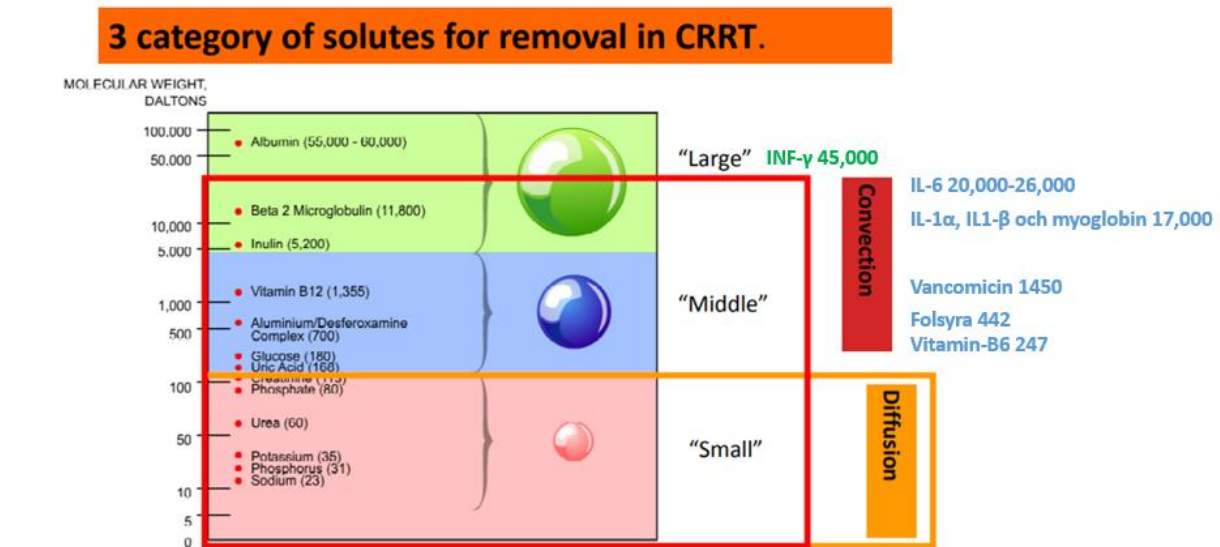
Inom dialys definieras ”molekylstorlekar” ofta med molekylmassa (Dalton = Da). De delas upp i små, medelstora och stora molekyler. Små och medelstora molekyler som finns i blodbanan obundna till proteiner kan således passera porerna i filtret. Därmed ingår en del molekyler som patienten behöver, ex. elektrolyter, vissa läkemedel och näringsämnen (**Figur 5**). Därför är det viktigt att vi mäter elektrolyter, b-glukos etc. regelbundet.

Exempel på små molekyler (elimineras mest effektivt med diffusion, men även med konvektion):

Kreatinin, urea

Ammonium jon

Elektrolyter (Na, K, fritt Ca, Mg, fosfat, zink, selen)



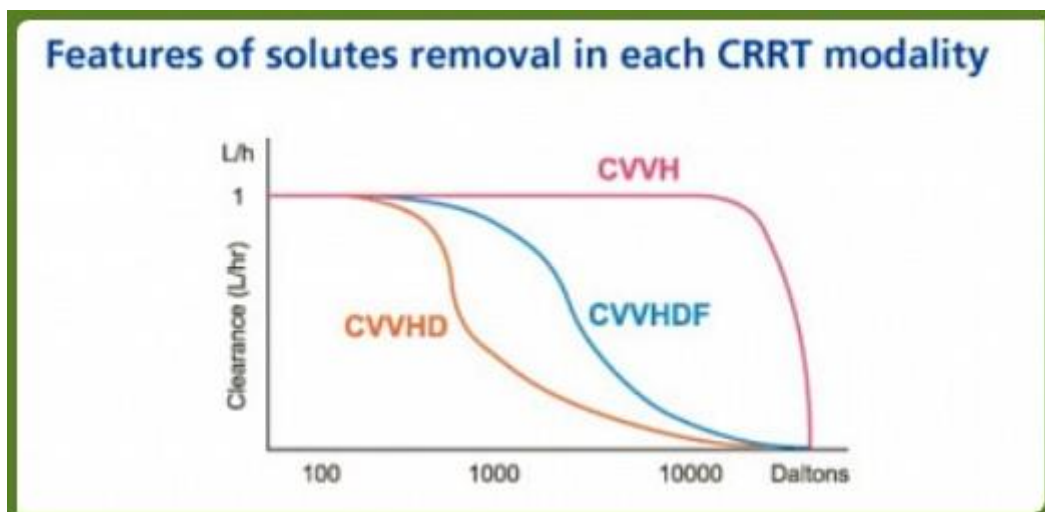
Figur 5. Små, medelstora och stora molekyler

Exempel på medelstora molekyler (elimineras med konvektion)

- Aminosyror, glukos, vattenlösliga vitaminer
- Läkemedel. De flesta läkemedel har små till medelstora molekyler (<1500 Da). De som har låg distributionsvolym (vattenlösliga och håller sig i blodbanan) och som inte har för hög proteinbindning kan passera över filtret. Ju högre proteinbindning desto sämre dialyseras läkemedlet. När ett läkemedel är >80-90% proteinbundet räknas det som att det inte elimineras med dialys (kan finnas undantag vid läkemedelsöverdosering).
- Vissa cytokiner. Det är beroende på deras storlek som är från 6000 – 70 000 Da. Således är en del cytokiner för stora för eliminering med konvektion.

Vid diffusion elimineras även molekyler upp till storleken 500-1500 Da, men över 500 Da blir eliminationen gradvis mindre (**Figur 6**). Konvektion (CVVH) är mer effektivt än diffusion (CVVHD) för partiklar från 1000 och upp till 20 000 Da.

Myoglobin (17 000 Da). En stor molekyl, men kan elimineras med konvektion med höga flöden (se kapitel om CRRT vid rbdomyolys).



Figur 6. Elimination av partiklar av olika storlek (Daltons) vid diffusion (CVVHD, konvektion (CVVH) och diffusion + konvektion (CVVHDF). CVVHD eliminerar även partiklar upp till storleken 500-1500 Da, men då gradvis mindre effektivt. Från 1000 Da är CVVH mer effektivt än CVVHD.

Förluster av näringsämnen och läkemedel vid CRRT

Vid CRRT ökar förluster av elektrolyter, dialyserbara näringsämnen och läkemedel proportionerligt i takt med hur höga flöden som körs. När patienten har gått igenom den mest akuta fasen och har haft god effekt av dialysen är det dags att gå in i underhållsfas av CRRT och dra ner på flödeshastigheterna i maskinen (gäller dock ej blodflödet), se kapitel CRRT inställningar vid akut njursvikt.

Monitorera elektrolyter, glukos, aminosyror och vitaminer med blodprovsanalyser (se kapitel om nutrition). Vad gäller dialyserbara läkemedel är det ytterst få som det går att få analyserade på lab. Det finns tabeller över vilka läkemedel som behöver dosjusteras eller inte (se kapitel läkemedelsdoseringar). Vissa läkemedel som dialyseras märker vi av kliniskt vilken dos patienten behöver, till exempel noradrenalin utifrån patientens blodtryck.

Lästips och referenser

Continuous Renal Replacement Therapy: Who, When, Why, and How [2].

The effect of continuous venovenous hemodiafiltration on amino acid delivery, clearance, and removal in children [3].

Quality Improvement Bedside Rounding Audits Enhance Protein Provision for Pediatric Patients Receiving Continuous Renal Replacement Therapy [4].

Val av filter

Filter	Vikt (kg)	Min blodflöde (ml/min)	Max blodflöde (ml/min)
HF20	<11	20	100
ST60	11 – 30	50	180
ST100	30 – 50	75	400
ST150	>50	100	450

Tabell 1. Val av filter utifrån barnets vikt. Lägsta och högsta blodflödes hastighet per minut för varje filter

Ordination av blodflödet

För vuxna patienter och barn över 50 kg är standardinställning för blodflöde 250 ml/min.

Nyfödda och spädbarn (speciellt ≤ 10 kg) behöver högre blodflöde per kg vid CRRT än äldre barn och vuxna. Orsaker:

- 1) De små filtren har större risk för att klotta jämfört med de större filtren och högt blodflöde är mycket viktigt för att minska risk för klottning.
- 2) Nyfödda och spädbarn har proportionerligt högre hjärtminutvolym
- 3) Clearance av molekyler över filtret ökar exponentiellt upp till total blodflöde 200 ml/min. Vid högre blodflöden än 200 ml/min planar clearance av. Således är både blodflödes hastigheten och dialyshastigheten viktig för bra clearance hos små barn.
- 4) Små dialyskatetrar med kortare avstånd mellan hålen innebär högre risk för recirculation (det nydialyserade blodet aspireras åter in i dialyscirkeln).

Vikt	Blodflödet
<11 kg	8-10 (12) ml/kg/min
11-20 kg	6-8 (10) ml/kg/min
20-30 kg	5-6 ml/kg/min
30-50 kg	5 ml/kg/min
>50 kg	250 ml/min

Tabell 2. Blodflödes hastigheten utifrån barnets vikt

Dialysvätskor

Hemosol B0 och Phoxilium

Grundregeln är att vi använder Hemosol B0 som ersättningsvätska och Phoxilium som dialysvätska. Båda innehåller natrium, calcium, magnesium, klor och bikarbonat. Skillnaden på de två vätskorna är att Phoxilium innehåller kalium och fosfat och Hemosol B0 innehåller laktat (**Tabell 3**).

mmol/L	Hemosol B0	Phoxilium
Bikarbonat	32	30
Laktat	3	0
Natrium	140	140
Kalium	0	4
Calcium	1,75	1,25
Magnesium	0,5	0,6
Fosfat	0	1,2
Klorid	109,5	116
Glukos	0	0

Tabell 3. Hemosol B0 används som ersättningsvätska och Phoxilium som dialysvätska

Hemosol B0 och Phoxilium – undantag från grundregeln

När kan det vara aktuellt att använda Phoxilium i stället för Hemosol B0 som ersättningsvätska?

- Patienter som har CRRT under längre tid kan få högt joniserat calcium
- Patienter med högt laktat

När kan det vara aktuellt att använda Hemosol B0 som dialysat?

- Vid uppstart av CRRT hos en patient med kritiskt högt serum kalium

Hypo- och hypernatremi – extratillsatser i dialysvätskorna

Patientens serum Na värde styrs av hur mycket Na dialyspåsarna innehåller och vi kan öka eller minska Na-innehållet i påsarna för

-Snabb eller långsam korrigering av serum Na:

Som vanligt vid hypo- och hypernatremi behöver vi tänka på om det handlar om akut eller kronisk rubbning av natriumvärdet. Har man exempelvis en patient med kronisk hyponatremi kan man behöva lägre natriumvärde än vanligt i påsarna för att korrigera långsamt, eller högre natriumvärde vid kronisk hypernatremi.

-Optimering av serum Na hos en patient som kräver neurointensivvård och CRRT:

Om patienten ska ha serum Na 145 så vi ökar vi Na innehållet i dialyspåsarna.

Både dialys- och ersättningsvätskan innehåller i grunden Na 140 mmol/L och påsens totala volym är 5 liter. Följande exempel kan användas som stöd när vi ordinerar tillsatser i påsarna:

1) Öka Na i dialyspåsarna från 140 till 145 mmol/L. Aspirera motsvarande volym ur påsen som ska tillsättas
Na 140 mmol/L => Na 700 mmol i 5 liter

Tillsats av Na 5 mmol per liter = 25 mmol till 5 liter \approx **6,3 ml** Na => 725 mmol i påsen totalt eller 145 mmol/L

2) Öka Na i dialyspåsarna från 140 till 160 mmol/L. Aspirera motsvarande volym ur påsen som ska tillsättas

Na 140 mmol/L => Na 700 mmol i 5 liter

Tillsats av Na 20 mmol per liter = 100 mmol = **25 ml** Na => 800 mmol i påsen eller totalt 160 mmol/L

3) Sänka Na i dialyspåsarna från 140 till 130 mmol/L. Använd 5% glukos som tillsats och aspirera motsvarande volym ur påsen som ska tillsättas

Na 140 mmol/L => Na 700 mmol i 5 liter

Na 130 mmol/L => 650 mmol i 5 liter

$(650 \text{ mmol} / 700 \text{ mmol}) \times 5000 \text{ ml} \approx 4643 \text{ ml} \Rightarrow 5000 - 4643 \text{ ml} = 357 \text{ ml}$

357 ml aspireras ur påsen och samma mängd av glukos 5% tillsätts

CRRT vid akut njursvikt

Orsaker till akut njursvikt på BIVA och indikationer för dialys

Öppen hjärtkirurgi med systemisk inflammatorisk respons

Dilaterad kardiomyopati med kraftigt nedsatt hjärtfunktion

Hemolytiskt uremiskt syndrom (HUS)

Allvarliga medfödda njurmissbildningar, ex. polycystisk njursjukdom

Septisk chock

Hypovolem chock (stor blödning, dehydrering andra orsaker)

Rhabdomyolys (trauma, brännskada, septisk chock)

Snabb tumörsöndring (tumor lysis syndrome)

Intoxikationer eller läkemedelsöverdoseringar

I många fall är beslutet att starta CRRT en klinisk bedömning utifrån helhetsbilden för patienten. Viktiga faktorer är graden av övervätskning och dess effekt på hjärt- och lungfunktion, elektrolytrubbningar, acidosis och dålig respons på diuretika. Dåligt intag av kalorier på grund av hård vätskerestriktion kan vara en ytterligare indikation för att starta CRRT.

I andra fall kan det finnas en specifik indikation för att starta dialys, dvs om patienten har:

Terapiresistent hyperkalemi

Urea >40 mmol/L

Lungödem med $FiO_2 > 0.8$ + höga doser diuretika

Patienten har övervätskning (fluid overload = FO%) som är (15)-20% eller mer (se formler nedan) i kombination med oliguri/anuri

Formler för att räkna övervätskning (fluid overload) %

1) För nyopererade hjärtpatienter kan vi använda följande formel:

$$\text{Kumulativ FO\%} = \frac{(\text{total balans (L)}_{\text{dygn1}}) + (\text{total balans (L)}_{\text{dygn2}}) + \dots^*}{\text{preoperativ vikt (kg)}} \times 100$$

*Man kan räkna balansen dag för dag och lägga ihop den kumulativa balansen. Man kan även lägga till halva dygn, exempel: Om CRRT ska startas 2.5 dygn från ankomst IVA så räknar man balansen för det första, andra och sedan halva det tredje dygnet.

2) För andra patienter kan följande formel användas:

$$\text{FO\%} = \frac{(\text{vikt vid start CRRT} - \text{vikt innan sjukdomsdebut})}{\text{vikt innan sjukdomsdebut}} \times 100$$

Flera studier på kritiskt sjuka barn har visat att graden av övervätskning innan CRRT-start, dvs. FO% >15-20%, har en markant negativ effekt på barnets kliniska outcome, inklusive ökad mortalitetsrisk. I en av dessa studier var dödligheten 8 gånger högre hos IVA-barnen med FO $\geq 20\%$ jämfört med IVA-barnen med FO <20%.

Lästips och referenser

- Early postoperative fluid overload precedes acute kidney injury and is associated with higher morbidity in pediatric cardiac surgery patients [5].
- Fluid balance after continuous renal replacement therapy initiation and outcome in paediatric multiple organ failure [6].
- Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children [7].
- Delivering optimal renal replacement therapy to critically ill patients with acute kidney injury [8].
- Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury [9].

CRRT inställningar vid akut njursvikt

För barn med akut njursvikt är det initiala flödet CVVHDF 40 ml/kg/h av CRRT.

Ordinera på Dialys PrisMax ordinationsblad (finns i Sharepoint under Intensivvårds- avdelning barn på första sidan).

Flödes hastigheterna ställs in lika på dialysat- och ersättningsvätskan, dvs 20 ml/kg/h av vardera. Detta är ganska högt flöde för att kompensera för eventuella problem med avbrott i början och således säkra att barnet får en så effektiv dialys som möjligt i den akuta fasen.

Eftersom förlusten av elektrolyter, aminosyror, vitaminer, mineraler och många läkemedel är relaterade till vilka flöden som körs i CRRT är det viktigt att dra ner flödesdosen efter några dagar, men då under förutsättningarna att dialysen fungerar bra. Förslagsvis kan man då minska till sammanlagd flödesdos **25 ml/kg/h**. Flödesdoser under 20 ml/kg/h rekommenderas ej.

Dagliga mätningar av serum kreatinin, urea och kalium, vikt och vätskebalans används sedan för att reglera flödes hastigheterna.

CRRT inställningar vid akut njursvikt och svår hyperkalemi

Vid svår hyperkalemi med EKG-förändringar börja med högre flödes hastighet, dvs ökat dialysat tills serum kalium är under kontroll. Använd enbart kaliumfria dialysvätskor, alltså hemosol BO både som dialysvätska och ersättningsvätska..

Beroende på allvarlighetsgraden av hyperkalemin kan man öka dialysat från standard 20 ml/kg/h till 40-60 ml/kg/h (alltså total CVVHDF-dos 60-80 ml/kg/h).

CRRT inställningar vid mycket högt urea och risk för dialys dysequilibrium syndrome

Vid högt serum urea (>60 mmol/L) finns det ökad risk att patienten utvecklar dialys dysequilibrium syndrom (DDS) i samband med hemodialys, speciellt vid uppstarten. Gränsen är inte absolut, beroende på patientens neurologiska status kan man behöva iakttaga försiktighet redan vid lägre värden samtidigt som en välmående patient med högre värde kan tolerera behandlingen väl.

DDS är mycket ovanligt vid CRRT. **Kontakta därför dialysenheten Östra dagtid och jouren njurmedicin SU jourtid för rådgivning.**

Symptomen vid DDS är relaterade till hjärnödem där man tror att en snabb sänkning av serum urea och osmolalitet leder till en övergående osmotisk gradient mellan extra- och intracerebrala rummet med utveckling av hjärnödem och att vatten dras in i hjärnans celler. Även om urea fritt diffunderar över cellmembran går denna process långsammare än den snabba sänkningen av serum urea vid dialys.

Följande patienter har en utökad risk för DDS vid hemodialys:

- Kronisk njursvikt och azotemi
- Neurologiska sjukdomar (inkl. epilepsi, stroke) eller trauma
- Patienter med skadad blodhjärnbarriär (sepsis, meningit, encephalit, hemolytiskt uremiskt syndrom, vaskulit)
- Andra tillstånd som orsakar hjärnödem (hyponatremi, leversvikt med encephalopati)

DDS ska misstänkas vid nytillkomna neurologiska symptom under dialys, men eftersom det saknas diagnostiska test är DDS en uteslutningsdiagnos där andra akuta neurologiska tillstånd som intracerebral blödning, meningit, elektrolytrubbningar eller läkemedelsintoxikationer måste övervägas.

Den viktigaste förebyggande åtgärden för att undvika uppkomst av DDS är att vid serum urea >60 mmol/L sänka urea långsamt med en lägre avflödesdos (total CVVHDF-dos 20ml/kg/h), reducera blodflödes hastighet till åtminstone 75% av vanlig blodflödes hastighet och se till att upprätthålla serum natrium koncentration 140-145 (150) mmol/L. Serum urea bör inte sjunka mer än 24mmol/dygn.

Lästips och referenser

-Dialysis disequilibrium syndrome (DDS) in pediatric patients on dialysis: systematic review and clinical practice recommendations [10].

-Dialysis disequilibrium syndrome occurring during continuous renal replacement therapy [11].

-CRRT compendium CIVA via narkosguiden.se [12]

Andra indikationer för CRRT än akut njursvikt

Vid andra indikationer för CRRT än akut njursvikt är det initialt **högre flöden CRRT** (> 40 ml/kg/h) som gäller på grund av att toxiska substanser behöver elimineras snabbt ur kroppen. **Vi använder CVVHDF**, men det är storleken på molekylerna som ska elimineras som styr om man ökar upp flödet på dialysvätskan eller ersättningsvätskan (**Tabell 4**).

Tabell 4. Icke-renala indikationer för CRRT

Indikation för CRRT	CVVHDF med:	
	Flöden dialysat	Flöden ersättning
Högt ammonium nyfödda	Höga	Normala
Högt ammonium vid akut leversvikt	Höga	Normala
Rabdomyolys, högt myoglobin	Normala	Höga
Intoxikation molekyl <1000 dalton	Höga	Normala
Intoxikation molekyl >1000 dalton	Normala	Höga
Septisk chock*	Normala	Normala
Kraftig tumorsöndring*	Ev. höga	Normala

*Ej aktuellt med CRRT förutom hos patienter med akut njursvikt.

Hyperammonemi hos nyfödda – ureacykel defekter

Ureacykeldefekter kan vara primära eller sekundära - och båda resulterar i höga plasma ammoniumjon värden. Detta händer oftast i nyföddhetsperioden.

Primära ureacykeldefekter (1:35.000 barn): medfödd brist på ett av enzymerna i urea cykeln. Ornitine transcarbamylas (OTC) är den vanligaste enzymdefekten.

Sekundära ureacykeldefekter: andra metabola sjukdomar (organic acidaemias), leversjukdom, eller läkemedelsutlöst ex. valproin syra.

Ammonium är mycket toxiskt för hjärnan, både direkt och indirekt, genom flera olika mekanismer.

Första symtomen på högt plasma ammonium hos nyfödda är trötthet, de äter dåligt, kräkningar. Fortsatt stigande ammonium värden leder till hypotoni, hyperventilation (respiratorisk och metabol alkalos), följt av kramper och sedan medvetslöshet.

Utredning och medicinsk behandling görs i samråd med specialist i metabola sjukdomar, barnmedicin. Proteinintag stoppas. Det är viktigt med riklig tillförsel av energi (glukos, fett). Initialt startas glukos-infusion.

Vid stigande ammoniumjon värden över >300-400 µmol/L är det mycket viktigt att påbörja CRRT så snabbt som möjligt. Initialt är det mycket höga flöden i CRRT som krävs för att försöka rädda barnet från allvarliga hjärnskador.

Vi använder CVVHDF men kör dialysat vätskan med 500 ml/kg/h (**Figur 7a och 7b**).

Ordinera på Dialys PrisMax ordinationsblad, välj sidan ”högt ammonium nyfödda” (finns i Sharepoint under Intensivvårdsavdelning barn på första sidan).

		DAG 1 (startdos)			
Vikt	4kg	Ordinerat per kg	Ordinerat totalt	Min hastighet	Max hastighet
Blodflöde	(8)-10 ml/kg/min	10 ml/kg/min	40 ml/min	20 ml/min	100 ml/min
Ersättning Pre (PBP)	20 ml/kg/h	20 ml/kg/h	80 ml/h		
Dialysat (initial dos)*	500 ml/kg/h	500 ml/kg/h	2000 ml/h		
Ersättning Post	5 ml/kg/h	5 ml/kg/h	20 ml/h		
Total CRRT dos (*)	525 ml/kg/h		2100 ml/h		
(*) Ers. Pre+post+dialysat					
Vätske borttag	1-5 ml/kg/h	0 ml/kg/h	0 ml/h		

Kontrollera serum ammonium initialt varje timme (första 8 timmarna), sedan var 4e timme

* Vid start av CRRT: Dialysat 500 ml/kg/h

OBS! Hypotermi och förluster av elektrolyter (Na, K, Ca, Mg, fosfat) vid höga flöden av CRRT

Kontrollera serum Mg och fosfat x 3 per dygn så länge höga flöden CRRT pågår

Figur 7a. Dialys PrisMax ordinationsblad för hyperammonemi hos nyfödda

**När serum ammonium är < 300 µmol/L eller senast efter 12 timmars högflödes CRRT: Sänk dialysat till 100 ml/kg/h
Efter 24 timmar från CRRT start: Sänk dialysat till 25 ml/kg/h
Over tid kan det bli "rebound" ökning av s. ammonium och då kan man behöva öka dialysat flödet igen till 100-500 ml/kg/h beroende på hur mycket ammonium har ökat.

Figur 7b. Forts. Dialys PrisMax ordinationsblad för hyperammonemi hos nyfödda

Diskutera med barnspecialist inom metabola sjukdomar när barnet kan börja få protein igen (rekommendationerna är när ammonium är på nivån 80 – 100 µmol/L) eller senast efter två dygn utan proteintillförsel.

Lästips och referenser

- Consensus guidelines for management of hyperammonaemia in paediatric patients receiving continuous kidney replacement therapy [13].
- Acute pediatric hyperammonemia: current diagnosis and management strategies [14].
- High-dose continuous renal replacement therapy for neonatal hyperammonemia [15].
- Riktlinjer för akut njursvikt och kontinuerlig dialys. BIVA, Astrid Lindgrens barnsjukhus, KS 2022 [16].

Akut leversvikt med höga ammonium värden

Det finns ingen säkerställd gräns för vilken nivå av ammonium i samband med akut leversvikt som ger risk för hjärnskador. Vid serum ammonium runt 150 µg/L och speciellt om patienten är medvetandesänkt kan det vara aktuellt att påbörja CRRT. Beslutet tas alltid i samråd med transplantationsjouren på barnmedicin. Medicinsk behandling för att sänka ammonium ska eventuellt testas innan CRRT.

För ordination av CRRT följ instruktionerna på EXCEL-arket ”leversvikt och högt ammonium” i Sharepoint (visas även i **Figur 8**).

Ordination vid start av CRRT och under de första 6-12-(24) timmarna:

Använd våra grundprotokoll utifrån patientens vikt (dvs HF20, ST60, ST100 och ST150)
men med högre dialysatdos på 40-60-(90*) ml/kg/h (jämfört med 20 ml/kg/h standarddos dialysat).

Total dos CRRT (dvs. pre+ postersättning + dialysat) blir därför 60-80-(110*) ml/kg/h.

* Ökning av dialysat dosen till 90 ml/kg/h kan vara aktuellt de första timmarna vid extremt höga ammonium värden

Kontrollera serum ammonium initialt varannan timme.

Ordination av CRRT vid 6-12-(24) timmar från start:

Sänk dialysatdosen till normaldos (20 ml/kg/h).

OBS! Fortsätt följa ammonium var 4e timme efter sänkning av CRRT i fall ammonium ökar igen.

**OBS! Hypotermi och förluster av elektrolyter (Na, K, Ca, Mg, fosfat) vid höga flöden av CRRT
Kontrollera serum Mg och fosfat x 3 per dygn så länge höga flöden CRRT pågår**

Figur 8. Ordination av högflödes-CRRT för sänkning av serum ammoniumjon vid akut leversvikt (Ordinationsblad dialys PrisMax).

Lästips och referenser

- Effect of Continuous Renal Replacement Therapy on Outcome in Pediatric Acute Liver Failure [17].
- The Role of RRT in Hyperammonemic Patients [18].
- Advances in medical management of acute liver failure in children: promoting native liver survival [19].

Septisk chock

CRRT-behandling rekommenderas enbart hos denna patientgrupp (barn och vuxna) på indikationen akut njursvikt (följ det vanliga njursvikts CRRT-protokollet)

Det finns ingen evidens för att varken högflödes-CRRT eller användning av special filter (med större porer etc) ökar överlevnaden för svårt septiska patienter.

Att tänka på vid CRRT hos patienter med septisk chock och akut njursvikt:

- Fibrerna i dialysfiltret har lätt att klotta igen pga. patientens hyperkoagulativa tillstånd
- Porerna i filtret sätts lätt igen av bland annat proinflammatoriska cytokiner

Det är särskilt viktigt att blodflödes hastigheten och antikoagulationen är optimerade pga. hög risk för att filtret ska klotta.

Lästips och referenser

- Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Septic Shock and Sepsis-Associated Organ Dysfunction in Children [20].

Rabdomyolys med högt myoglobin

Börja alltid med att behandla med buffer och diuretika.

Vid myoglobin under 30 000 µg/L kan CRRT startas som vanligt på indikationen akut njursvikt (med CVVHDF 40 ml/kg/h).

Vid myoglobin koncentrationer runt 30 000 µg/L kan man börja överväga högflödes-CRRT, speciellt om man inte lyckats få i gång ordentligt forcerad diures. Vid mycket höga myoglobin värden blir indikationen för högflödes-CRRT starkare.

CVVHDF 80 ml/kg/h med: dialysvätska 10 ml/kg/t, 35 ml/kg/h ersättningsvätska före och 35 ml/kg/h efter filtret) i upp till ett dygn innan flödena kan sänkas.

Följ serum myoglobin initialt varannan timme.

Målet med högflödes-CRRT är att få serum myoglobin under 20 000 µg/L.

Viktigt med tät monitorering och behandling av hypotermi och elektrolyt- och glukos förluster.

Lästips och referenser

-Riktlinjer för akut njursvikt och kontinuerlig dialys. BIVA, Astrid Lindgrens barnsjukhus, KS 2022 [16].

-Rhabdomyolysis: an American Association for the Surgery of Trauma Critical Care Committee Clinical Consensus Document [21]

Kraftig tumörsöndring, tumorlys

Vid tumörsöndring stiger urat, kalium, fosfat, kreatinin och urea, medan kalcium sjunker.

Medicinsk behandling (Fasturtec och diuretika) och hyperhydrering styrs av barnonkolog.

Viktigt att undvika att ge calcium (undantag om patienten har kliniska symtom på hypokalcemi) eftersom det binder fosfat med risk för skadliga utfällningar i bland annat njurarna.

Fasturtec är mycket effektivt för att sänka urat.

I allra flesta fall är CRRT inte nödvändigt och indikationen att starta CRRT är akut njursvikt med snål diures trots hyperhydrering och diuretika. Vid CRRT kan man initialt börja med lite högre flödesdos dvs 50 ml/kg/h (30 ml/kg/h dialysat och 20 ml/kg/h ersättning) för att sänka kalium och fosfat. Använd kaliumfri vätska (Hemosol B0) initialt som både dialysat- och ersättningsvätska.

Referens

-CRRT kompendium. Kristina Svennerholm och Anders Enskog, nås via www.narkosguiden.se [12]

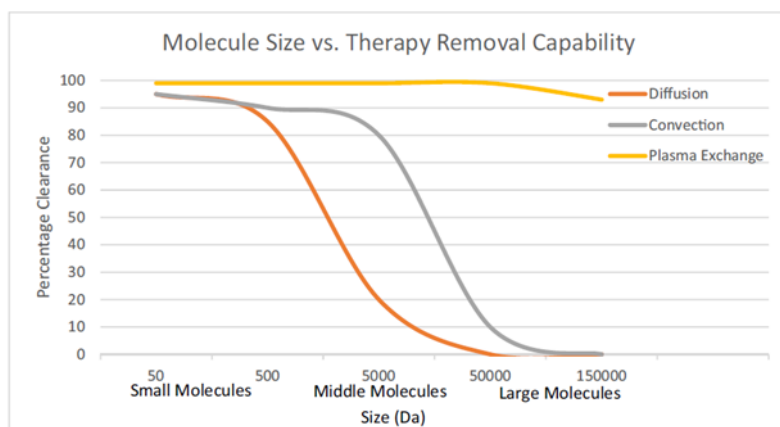
Intoxikationer

Indikation för hemodialys (IHD/CRRT) vid intoxikation

Små till medelstora molekyler som har liten distributionsvolym (dvs. vattenlösliga och håller sig mest i blodbanan), dvs. <1-1.5 L/kg.

Trots hög proteinbindning av läkemedlet/ kan det vara aktuellt med hemodialys eftersom proteinbindningen blir mättad vid överdoseringen och därmed ökar den fria andelen av läkemedlet/toxinet i blodet (ex. karbamazepin, valproat, salicylater).

Men även läkemedel/toxin som har högre distributionsvolym än 1.5 L/kg kan vara aktuella för hemodialys. Utöver distributionen i blodbanan så distribueras ämnet även i bindvävnaden. Efter att hemodialysen har eliminerat den delen av läkemedlet/toxinet som finns i blodbanan så mobiliseras ämnet från bindvävnaden och ut i blodbanan, så kallad *rebound effekt*. När den akuta fasen av hemodialysen är över (antingen med IHD eller CRRT) så är CRRT mer lämpligt än IHD för att hantera rebound effekten



Figur 9. Molekylstorlekar och elimination med hemodialys

Exempel på substanser som går att eliminera med hemodialys (IHD eller CRRT):
barbiturater, etylenglykol, isopropanol, karbamazepin, litium, metanol, metformin,
metotrexat, prokainamid, salicylater, theophyllamin, valproat.

Vid livshotande tillstånd där läkemedel/toxin ska elimineras med CRRT behövs höga flöden CVVHDF initialt (totalt 80-100 ml/kg/h).

Ökat flöde dialysat om molekylen är <500-1000 Da och ökat flöde ersättningsvätska om molekylen är >1000 Da. Det är mycket ovanligt med läkemedel/toxin >1000 Da.

Således är det oftast dialysatvätskan (diffusion) som ska ökas:
60-80 ml/kg/h dialysat och 20 ml/kg/h ersättningsvätska.

Följ provtagningsprotokoll (med tätare monitorering av elektrolyter och blodsocker) för högflödes-CRRT.

Exempel där intermittent hemodialys används i stället för CRRT

Laktacidosis (ex. Metformin utlöst)

Etylenglykol

Metanol

Litium-intoxikation

OBS!

Viktgränsen för IHD är ≥ 10 kg.

Initiera alltid CRRT behandling i väntan på IHD. Efter kontakt med njurjouren SU (jourtid, annars dialysenheten Östra vardagar) tar det åtminstone 2 timmar till IHD-teamet kan vara på plats.

På hemsidan www.extrip-workgroup.org finns rekommendationer för flera toxiska substanser avseende indikation för dialysstart mm.

Kontakta alltid giftinformationscentralen (GIC) och diskutera eventuell start av CRRT eller intermittent hemodialys.

Kontakta även njurmedicinjouren SU på jourtid. Vardagar ringer man till dialysenheten på Östra.

Lästips och referenser

-Use of extracorporeal therapies to treat life-threatening intoxications [22].

-www.extrip-workgroup.org

-Renal replacement therapy in the management of intoxications in children: recommendations from the Pediatric Continuous Renal Replacement Therapy (PCRRT) workgroup [23].

Viktiga begrepp kring larmfunktioner och filterstatus

Flödes hastigheten i alla pumparna förutom avflödespumpen ställer vi in på driftskärmen (**Figur 10**). Flödes hastigheten i avflödespumpen räknas ut av maskinen och är summan av flödet för: dialysvätska + ersättningsvätska + vätske borttag.

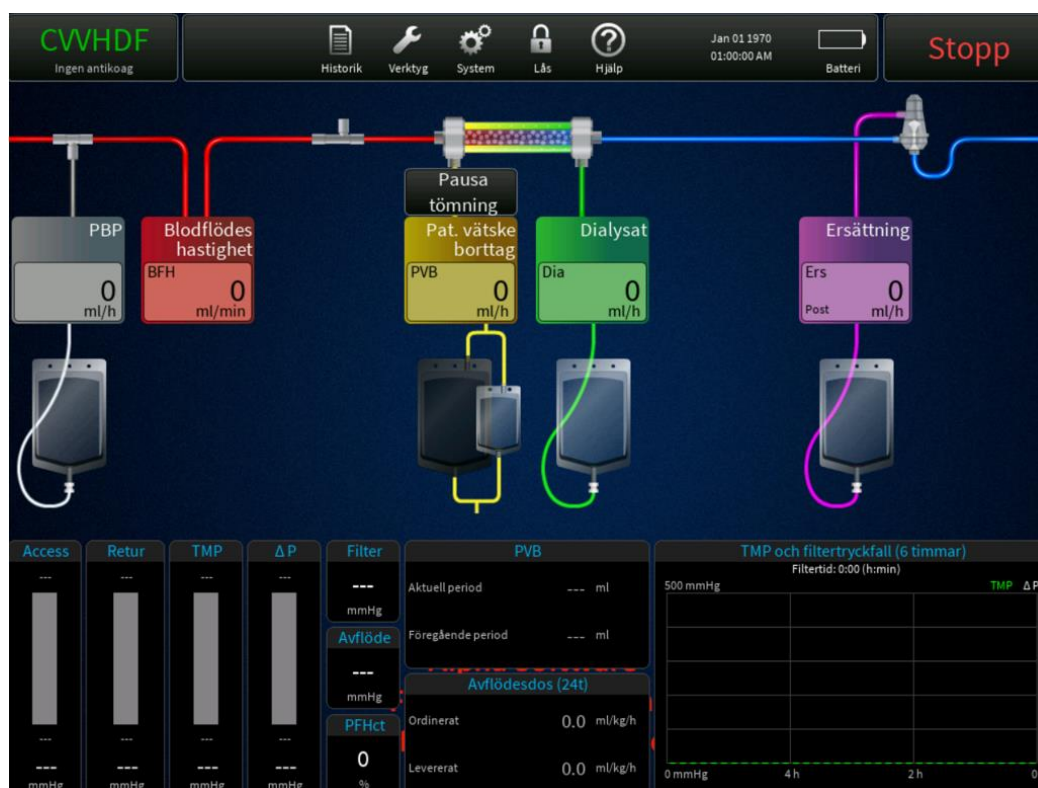
Exempel: Barn som väger 5 kg får

dialysvätska 20ml/kg/h + ersättningsvätska 20ml/kg/h* + 5ml/kg/h vätske borttag

⇒ Avflödesdosen = 45 ml/kg/h eller 225 ml/h

*Ersättningsvätskan från både prefilter (PBP) och postfilter (ersättning).

Vätskan från dialyssidan av filtret (dialysvätskan och ultrafiltratet från konvektionen) hamnar i avflödespåsen (effluent).



Figur 10. Driftskärmen på PrismaMax. PBP: preblood pump. Där går ersättningsvätskan före filter (ml/h). Ersättning: ersättningsvätska efter filtret (vi ställer in den på post).

Skillnaden mellan gula och röda larm

Gula larm är bland annat observationslarm medan röda larm är varningslarm. Vid gula larm stannar alla vätskepumpar dvs. PBP (ersättning pre), dialysat, ersättning post samt avflödespumpen och vid röda larm stannar alla vätskepumpar samt även blodpumpen.

Oavsiktligt vätskeborttag

I samband med uppstart av maskinen ser man denna funktion och inställningen för larmet som kallas ”oavsiktligt vätskeborttag”. Maskinen beräknar denna volym utifrån patientens vikt vilket är en viktig säkerhetsfaktor som man inte ska ändra på. Den angivna volymen, vid ett larm, kan vara antingen oavsiktligt vätskeborttag (-ml) eller vätsketillförsel (+ml)

Barn ≤ 4 kg: 60 ml under en period på 3 timmar

Barn >4 kg: 60 ml + 10 ml/kg under en period på 3 timmar

Vad betyder detta

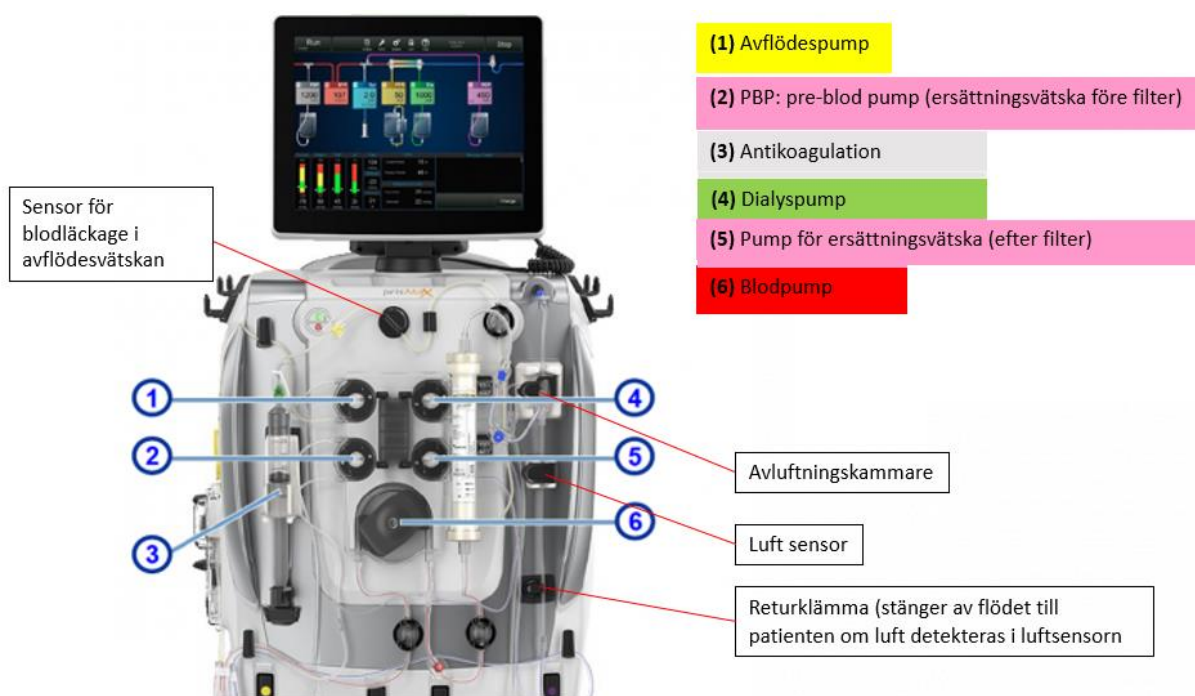
Systemets vätskepumpar och vågar samarbetar för att uppnå balans i systemet. Detta är ett larm och en funktion som säkerställer att vätskebalansen i systemet stämmer, dvs den mängd vätska som dragits från respektive vätskepåse också kommer att dras bort med hjälp av avflödespumpen. Om det uppstår ocklusion på någon av vätskepåsarna eller avflödespåsen kan det ske en obalans i vätskebalansen.

Om man exempelvis missar att öppna en klämma på påsen med ersättningsvätska så drar maskinen vätska från patienten i stället. Då kommer det ett larm som påvisar att vikten på vågen med ersättningsvätskan inte stämmer samt uppmaning att kontrollera vågen med ersättningspåsen så att det inte är ocklusion på påsen. Tryck på historia och patientvätskeborttag, här finner man den aktuella balansen som skall vara på 0 dvs. balansen är korrekt. Obalansen kan visa sig som oavsiktligt vätskeborttag (-ml) eller oavsiktlig tillförseln (+ml).

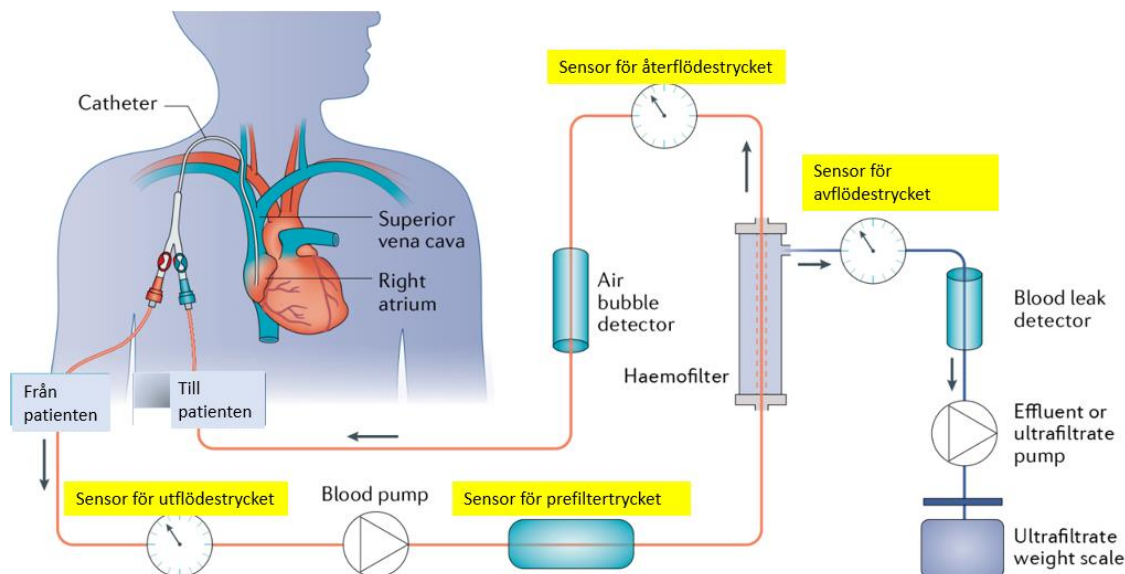
Sammanfattningsvis: Maskinen larmar med ”gula varningar” långt innan volymgränsen ovan är uppnådda. Om man ignorerar gula varningar och inte åtgärdar problemet så är volymen en absolutgräns där det blir rött larm och maskinen stannar.

PrisMax: pumpar och sensorer

Placering av de olika pumparna på PrisMax demonstreras i **Figur 11**. Maskinen har sensor för blod i avflödesvätskan, dvs om det finns ruptur i filtret som orsakar blodläckage över filtret. Luftdetektorn som är placerad efter avluftningskammaren och upptäckt det luft i den aktiveras returklämman som stoppar returflödet av blod till patienten. Det finns fyra trycksensorer som är placerade (1) innan blodpumpen, (2) före filtret, (3) och (4) efter filtret (**Figur 12 och tabell 5**).



Figur 11. PrisMax – Placering av pumpar, avluftningskammare och några av sensorerna (trycksensorerna är inte markerade, men förklaras i **Figur 12**)



Figur 12. Trycksensorer i systemet. PrisMax: utflödestryck = accesstryck, återflödestryck = returtryck

Trycksensorer	Lokalisering	Normal värden tryck (mmHg)	Orsaker till för höga/låga tryck
Utflödestrycket = Accessflödestrycket Kraften som behövs för att aspirera blod från patienten	Mellan CDK och blodpump	Alltid negativt -50 till -150 (-200) OBS! undantag vid ECMO (positiva tryck)	Tryck < -150 (-200) mmHg. Patienten: lågt cardiac output och/eller hypovolemi CDK: trombos, knick, stängd klämma, katetern suger fast mot kärlväggen
Pre-filtertryck Påverkas av hur många kanaler i filtret fungerar och av <u>returflödestrycket</u>	Efter blodpump, före filter	Alltid positivt +100 till +250	Tryck > +250 mmHg. Filtrets kanaler har börjat klotta Högt återflödestryck/returtryck Högt hematocrit
Avflödestrycket Avflödespumpen kan skapa negativt tryck på icke-blodsidan av filtret för att dra ut vätska (ultrafiltrat) (vid CVVH och CVVHDF)	Efter filter, före avflödespumpen.	Kan vara positivt eller negativt +50 till -150	Tryck < -150 mmHg Filtrets membranporer har börjat "klogga" (minskad membranpermeabilitet)
Återflödestrycket = Returflödestrycket Kraften som behövs för att pumpa blodet tillbaka till patienten		Alltid positivt +50 till +150	Tryck > +150 mmHg: CDK/slangar: knick, stängd klämma, trombos Koagel i avluftningskammaren

Tabell 5. PrisMax trycksensorer

Tryckfall över filtret (ΔP -filter), transmembrana trycket (TMP), och filter fraktion (FF%)

1) ΔP -filter (filter pressure drop):

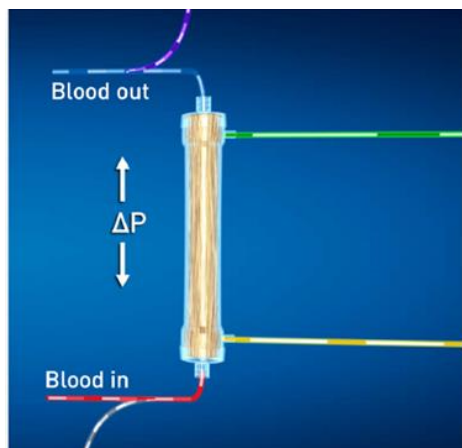
Maskinen räknar ut skillnaden mellan returflödestrycket och pre-filter trycket (**Figur 13**). Stigande ΔP -filter signalerar att filtret har börjat klotta. Ökningen kan hända gradvis över tid eller plötsligt.

2) Transmembrana trycket (TMP):

Maskinen räknar ut tryckgradienten över filtret (**Figur 14**). Den är beroende av prefilter trycket, återflödestrycket (retur) och avflödestrycket:

$$TMP = \left(\frac{P_{\text{pre-filter}} + P_{\text{återflöde}}}{2} \right) - P_{\text{avflöde}}$$

TMP är ett beräknat värde av andra uppmätta tryck, enligt en formel, och speglar tryckskillnaden mellan blod- och vätskesida. TMP stiger gradvis över tid pga. minskad membran permeabilitet mellan blod- och vätskesidan. Ett stigande TMP tryck kan vara tecken på att filtret är på väg att klotta.



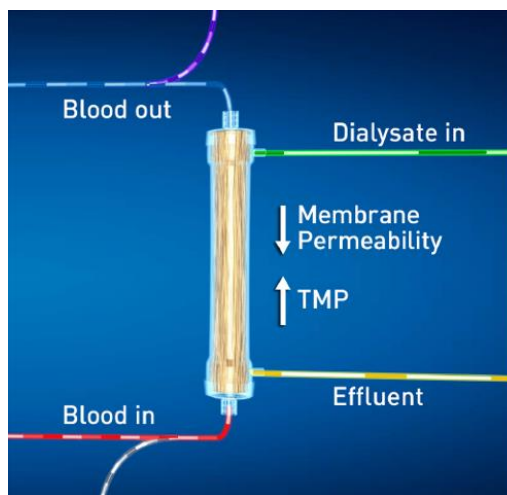
Filter Pressure Drop (ΔP Filter) = Filter Pressure — Return Pressure

ΔP Filter reflects pressure conditions in the hollow fibers

ΔP Filter is directly proportional to resistance at a given blood flow rate

Microclotting occurs in the hollow fibers during treatment, eventually leading to gross clotting and the need to change to a new set

Figur 13. ΔP -filter (Baxter)



Transmembrane Pressure (TMP) is the pressure exerted on the filter membrane during CRRT¹

- Reflects the pressure difference between the blood and fluid compartments of the filter

During treatment, permeability of the membrane decreases due to protein coating (clogging), causing TMP to increase

Figur 14. Transmembrana trycket (Baxter)

Filtrationsfraktion (FF%)

Filtrations fraktionen är ett mått på hur stor andel av plasmaflödet (som passerar genom filtrets kapillärer) som filtreras (ut över filtrets membran). Kvoten beräknas av PrisMax och anges på displayen. Målet är att FF ska hållas <20% för att minska risk för filterstopp. Vid FF >20-30% ökar risken för att filtret klottar.

Mängden vätska som passerar filtret vid CVVH/ultrafiltration i relation till plasmaflödet:

$$FF\% = Q_{UF} / (Q_{PL} + \text{ersättningsvätska före filter})$$

Q_{UF} : ultrafiltratet ml/h = (ersättningsvätskan före + efter filtret + vätskeborttaget) ml/h

$$Q_{PL} : \text{plasmaflödet ml/h} = \text{blodflödet ml/min} \times 60 \text{ min} \times (1 - \text{hct})$$

Det är alltså ersättningsvätskan, vätskeborttaget och blodflödet som påverkar FF%, men inte dialysvätskan. Däremot kan man indirekt utnyttja dialysvätskan för att sänka FF%, dvs öka flödet av dialysvätskan (CVVHD) för att kunna minska ultrafiltratet (CVVH) för bibehållen avflödesdos (CVVHDF med mindre andel CVVH än i grundinställningen). I övrigt kan vi minska FF% med att öka blodflödet och/eller öka andelen ersättningsvätska före filtret. **Figur 15** visar exempel på hur man kan räkna för att få till en sänkning av FF%.

Räkneexempel FF (avflödesdos 30 ml/kg/tim · HCT 0,3 · kroppsvikt 70 kg):

Ex 1 CVVH, endast postdilution:

$Q_{uf} = 70 \text{ kg}, 30 \text{ ml/kg/tim} \rightarrow 70 \times 30 = 2100 \text{ ml/tim}, Q_b 100 \text{ ml/min}$

$FF = 2100 / (100 \times 60 \times (1 - 0,3)) = 0,5 = 50\%$

Ex 2 CVVH, endast postdilution, Q_b ökat till 250 ml/min

$FF = 2100 / (250 \times 60) \times (1 - 0,3) = 0,20 = 20\%$

Om man istället tillför ersättningsvätskan före filtret späds blodet och FF minskar ytterligare.

Ex 3 CVVH, endast predilution 2100 ml, Q_b 250 ml/min

Predilution 2100 l/tim

$FF = 2100 / (2100 + 250 \times 60 \times (1 - 0,3)) = 0,167 = 16,7\%$

Ex 4 CVVH, fördelat på predilution 1600 ml/tim och postdilution 500 ml/tim, Q_b 250 ml/min

$FF = 2100 / (1600 + 250 \times 60 \times (1 - 0,3)) = 0,174 = 17,4\%$

Ex 5 CVVHDF, fördelat på dialysvätska 1400 ml/tim, predilution 200 ml/tim och postdilution 500 ml/tim, Q_b 250 ml/min

$FF = 700 / (200 + 250 \times 60 \times (1 - 0,3)) = 0,065 = 6,5\%$

Figur 15. FF% påverkas av blodflödet, avflödesdosen och flöde ersättningsvätskan före filtret. Från CRRT, K. Svennerholm, A Enskog [12].

Lästips och referenser

- Continuous renal replacement therapy: understanding circuit hemodynamics to improve therapy adequacy [24].

-Baxter: TMP and filter pressure drop (länk:

[https://renalcareus.baxter.com/sites/g/files/ebysai3581/files/2020-06/TMP and Filter Pressure Drop 2019 5.pdf](https://renalcareus.baxter.com/sites/g/files/ebysai3581/files/2020-06/TMP_and_Filter_Pressure_Drop_2019_5.pdf))

Filteröverlevnad

Optimering av filterfunktion över tid:

- **Välfungerande dialyskateter (CDK).** Mycket viktigt att det inte blir knick på katetern, eller att spetsen suger fast mot kärlväggen när blodet aspireras från CDKn. För rätt storlek av CDK och tips vid inläggning och handhavande, se separat rutin. Det måste gå att manuellt aspirera blod och spola in koksalt mycket snabbt och utan motstånd. Om det inte går tillräckligt snabbt och lätt att aspirera och spola tillbaka i access-skänkeln och retur-skänkeln fungerar bättre kan man ”switcha” skänklarna, dvs. access skänkeln på CDK kopplas till den blåa returflödesslangen och retur skänkeln på CDK kopplas till den röda accessslangen.

- **Högre blodflödes hastigheter hos små barn**

Optimalt blodflöde genom filtret minskar risken för att blodet klottar inuti kanalerna i filtret. Risken för klottning är större för de små filtren och därför rekommenderas relativt sett högre blodflöden, speciellt hos barn under 11 kg (8-10 ml/kg/min).

- **Pre-filterersättning**

Vid CRRT-behandling på barn rekommenderas det att åtminstone 2/3-delar av ersättningsvätskan ges före filtret (PBP) för att späda blodet innan det går genom filtret och därmed minska risken för att blodet klottar i filtrets kanaler. Resterande 1/3-del (eller mindre) ersättningsvätska ges efter filtret.

- **Antikoagulation**

Heparin vid filter priming. På BIVA använder vi sedan heparin-infusion till patienten i stället för att använda heparin-sprutan i maskinen. Vid avbrott i behandlingen pga. filterbyte eller tillfällig paus av dialysen av andra orsaker bör heparin-infusionen fortsätta under tiden för att bibehålla steady-state. Vid förväntad paus över 4 timmar, stäng heparin-infusionen.

Dosering av antikoagulation se separat rutin, länk: [Heparinschema - rutiner på BIVA \(vgregion.se\)](http://vgregion.se)

- **Undvika skumbildning i avluftningskammaren** eftersom den ökar risk för koagel. Man kan öka upp andelen ersättning efter filter

- **Regelbunden monitorering av FF%**

Att förlänga filteröverlevnad i några timmar

I situationer där man ser att filtret inte har långt kvar och man vill försöka hålla i gång dialysen i några timmar till innan filtret slutar helt fungera kan man sänka blodflödet, öka dialysatet, minska ersättningsvätskan före filter och sänka vätskeborttaget. Genom att minska på flödena får man en lägre belastning på membranet dvs lägre tryck samt även en lägre effekt.

Faktorer att övervaka hos patienten under pågående CRRT

Hypotermi

Hypotermi är ett mycket vanligt problem under CRRT-behandling och kroppstemperatur behöver därför kontinuerligt monitoreras och regleras. Vid höga flöden CRRT ökar risken för hypotermi ytterligare och blir hypotermi ohållbar (går ej att få normotemp trots blodvärmaren vid CRRT, samt användning av bear hugger till barnet) blir nästa åtgärd att dra ner på de höga flödena CRRT.

Njurprotektion – målvärde blodtryck, läkemedel mm

Det är viktigt att ge njurcellerna möjlighet att läka under tiden som hemodialys pågår. Vissa njurceller är så skadade att de går in i fibros och dör medan andra har en möjlighet att hämta sig om de inte blir utsatta för ytterligare skada, dvs dålig perfusion/ischaemi till njurcellerna (som vid lågt cardiac output med lågt blodtryck) och/eller användning av njurtoxiska läkemedel.

Under pågående dialys är det därför viktigt att

- Använda vasopressor, ex noradrenaline för att upprätthålla bra MAP hos patienten
- Använda inotrop läkemedel, ex milrinone om cardiac output är för lågt
- Undvika både hypo- och hypervolemi
- Hyponatremi är ogynnsamt för njurcellerna. Sikta på normal natrium och lägg till natrium i dialyspåsarna om det behövs (se kapitel om dialysvätskor, hypo- och hypernatremi, extratillsatser i dialysvätskorna).
- Njurtoxiska läkemedel kan behöva dosreduceras eller ges med längre intervaller
- Undvika kontrastmedel vid röntgenundersökningar
- Diuretika har inget syfte under pågående dialys

Läkemedelsdoseringar

LexiComp

Vi har tillgång till LexiComp via intranätet SU. Finns på LUPPs hemsida, se länk nedan som fungerar på SU-datorer:

<https://online.lexi.com/lco/action/home>

Välj läkemedlet -> dosing pediatric -> bläddra ner till ”altered kidney function: pediatric”. Där får man doseringsråd utifrån patientens GFR, för PD-dialys och för CRRT.

RAF Antibiotika dosering vid CRRT

Doseringsanpassningarna är för vuxna, men man kan se hur mycket dosen är sänkt jämfört med den vanliga dosen och/eller om intervallet mellan doserna är reducerat.

<https://www.sls.se/raf/kunskapsunderlag/dosering-vid-dialys/>

Nutrition och elektrolyter

Aminosyror, vattenlösliga vitaminer och vissa spårämnen förloras under pågående CRRT. Förlusterna ökar i takt med ökning av CRRT-flödesdoserna. Studier på barn som behandlas med CRRT (standard flöden) har visat att CRRT leder till att barnen förlorar mellan 10-25% av de proteiner som tillförs via nutrition. Förlusterna är större vid CVVH än vid CVVHD/CVVHDF.

Nutritionens rekommendationer till barn som behandlas med CRRT dag 1 - 6

Samma nutritionens behandling som för andra patienter på BIVA

+

Vattenlösliga vitaminer och spårämnen som kan ges enteralt då det är möjligt.

Annars blandas Soluvit och Peditrace (ev. Addaven i stället för Peditrace till barn >15 kg) i glukos-infusionen enligt **Tabell 6**. Natrium blandas i infusionen på vanligt sett utifrån patientens behov.

	<10 kg	10-15 kg	>15 kg
Soluvit	1 ml/kg/dygn	10 ml/dygn	10 ml/dygn
Peditrace	1 ml/kg/dygn	1 ml/kg, max 15 ml/dygn	---
Addaven	---	---	0,1 ml/kg/dygn (vuxendos är 10 ml/dygn) *
* Alternativ för Addaven är 15 ml/dygn peditrace.			

Tabell 6. Tillsatser av vattenlösliga vitaminer och spårämnen i glukos-infusionen.

OBS! Glukos-påsen behöver skyddas för ljus eftersom den innehåller Soluvit.

Storlek av glukos-påse (500 ml eller 1000 ml) beror på barnets storlek/ålder

Nutritionsempfohlungen von Tag 6 - 7 mit CRRT

Proteintillförsel 3 g/kg/dygn till spädbarn och 2-2.5 g/kg/dygn till barn >1 år (**Tabell 7**).

Tillförsel av vattenlösliga vitaminer ökas med 30%.

Vid fulldos TPN: Viktigt med uppehåll Vitalipid 2 dagar i veckan för att undvika för hög concentration av A-vitamin.

Patienten behöver extra tillförsel selen och zink. Mät selen och zink i serum x 2/vecka.

Följ serum koncentration av plasma aminosyror, carnitine (fraktionerade acylkarnitiner) och serum D-Vitamin (25-hydroxi-vitamin D) x1/vecka.

Parenteral tillförsel BIVA-dygn 6-8

a)

Ålder (år)	Glukos	Protein	Fett	Solvite (ml/kg/d)	Vitalipid	Magnesium	Fosfat	Calcium
0-1	9	3	1	1,3	4 ml/kg (max 10 ml)	0,2	0,6	0,5
1-3	8	3	1	1,3	10	0,2	0,6	0,5
4-12	5	2,5	1	1,3	10	0,2	0,5	0,4
13-18	3	2,5	1	1,3	10	0,2	0,5	0,4

Parenteral tillförsel från BIVA-dygn 9

b)

Ålder (år)	Glukos (g/kg/d)	Protein (g/kg/d)	Fett (g/kg/d)	Solvite (ml/kg/d)
0-1	11	3	3	1,3
1-3	10	3	2	1,3
4-12	6	2,5	2	1,3
13-18	5	2,5	1,5	1,3

Enhet för glukos+protein+fett är g/kg/dygn.

Enhet för magnesium, fosfat och calcium är mmol/kg/dygn

Tillsä extra tillskott av selen (3 µg/kg) samt zink. Sätt i separata infusioner.

Vitalipid skall endast ges 2 ggr/vecka vid CRRT p.g.a. risk för Vit A – toxicitet. Av praktiska skäl görs uppehåll lördag-söndag.

Hemosol B0 innehåller inte glukos varför det kan finnas skäl att öka tillförsel av glukos ca 20 % på patienter där Hemosol B0 används.

Tabell 7. a) och b) Från kompendium ”Riktlinjer för akut njursvikt och kontinuerlig dialys BIVA”, Astrid Lindgrens barnsjukhus [16].

Lästips och referenser

- Nutrition for critically ill children and neonates requiring dialysis: Application of clinical practice recommendations [25].
- The effect of continuous venovenous hemodiafiltration on amino acid delivery, clearance, and removal in children [3].
- Riktlinjer för akut njursvikt och kontinuerlig dialys. BIVA, Astrid Lindgrens barnsjukhus, KS 2022 [16].
- Nutritional management of children with acute kidney injury-clinical practice recommendations from the Pediatric Renal Nutrition Taskforce [26].

Avveckling av CRRT

Spontan diures >0.5 ml/kg/h under några timmar i rad kan vara tecken på att patienten är redo för avveckling av CRRT, men en allmän konsensus för patienter med akut njursvikt som kräver CRRT är att inte avsluta dialysen inom 72 timmar från start (First International Conference of Critical Care Nephrology, London 2023).

Diuretikatest

Viktiga saker att tänka på när man "testar" njurarna med diuretika

- Det är viktigt att patienten inte har en negativ vätskebalans när diuretika ges för att patienten ska ha en chans att producera urin. Lätt positiv balans eller 0-balans är bra, men njurarna mår inte bra av att balansen blir för positiv (negativ effekt av stas i njurvävnaden).
- Starta noradrenalin om det behövs, eftersom optimalt MAP är mycket viktigt. Ha låg tröskel att starta milrinone om det finns risk att patienten inte har optimal hjärtfunktion.
- När patienten har en spontan diures (ej diuretika forcerad) >0.5 ml/kg/h eller mer under några timmar i rad är det tecken på att njurarna kan vara redo för att avsluta CRRT behandlingen. Då kan man prova att pausa dialysen och ge diuretika.
- När man vill ge testdos diuretika bör man ge 1 mg/kg furosemide iv. Efter att diuretika är givet vill man se diures ≥ 1.5 ml/kg/h.
- Utifrån responsen på diuretika kan man välja följande alternativ:
 - 1) Patienten verkar ha återhämtat tillräckligt med njurfunktion för att klara av önskad vätskebalans och kalium nivå. Fortsätt satsa på patientens diures med insättning av furosemide (infusion eller intermitternt) och hANP-infusion.
 - 2) Patienten verkar delvis ha återhämtat sin njurfunktion men verkar inte helt redo att uppnå önskad vätskebalans och kalium nivå. Prova med CRRT uppehåll 8-12 timmar dagtid och sedan CRRT 12-16 timmar i 2-3 dygn (Backa om det inte fungerar)
 - 3) Dålig respons på diuretika. Starta CRRT fullt ut igen eftersom njurfunktionen fortfarande är för dålig.

Barn som är dialysberoende under längre tid

De allra flesta barn som behöver hemodialys på BIVA hämtar sig och får tillbaka tillräcklig egen diures efter några dagar/ett par veckor. Men i undantagsfall kan behovet av dialys bli mer långdraget.

Då kan man planera att byta över till peritoneal dialys (PD) när det är möjligt.

För barn som väger 8 kg eller mer kan intermitternt hemodialys vara ett alternativ.

I enstaka fall finns det inga andra alternativ än att fortsätta med CRRT och då är det extra viktigt att tänka på att försöka ha låga flöden av dialysat- och ersättningsvätska och att regelbundet monitorera serum aminosyror, vitaminer och mineraler. Avflödesdos under 20 ml/kg/h (totala dosen dialysat och ersättningsvätska) rekommenderas inte.

Arbetsgrupp

Innehållsansvar: Elin Thorlacius, överläkare

Granskad av: Helena Winberg, överläkare, sektionschef

Ola Ingemansson, överläkare

Christin Ternlind, intensivvårdssjuksköterska

Källförteckning

1. Villa G, Neri M, Bellomo R, Cerda J, De Gaudio AR, De Rosa S, Garzotto F, Honore PM, Kellum J, Lorenzin A *et al*: **Nomenclature for renal replacement therapy and blood purification techniques in critically ill patients: practical applications.** *Crit Care* 2016, **20**(1):283.
2. Tandukar S, Palevsky PM: **Continuous Renal Replacement Therapy: Who, When, Why, and How.** *Chest* 2019, **155**(3):626-638.
3. Lion RP, Vega MR, Smith EO, Devaraj S, Braun MC, Bryan NS, Desai MS, Coss-Bu JA, Ikizler TA, Akcan Arikan A: **The effect of continuous venovenous hemodiafiltration on amino acid delivery, clearance, and removal in children.** *Pediatr Nephrol* 2022, **37**(2):433-441.
4. Vega MW, Juarez M, Lee JY, Srivaths P, Williams E, Akcan Arikan A: **Quality Improvement Bedside Rounding Audits Enhance Protein Provision for Pediatric Patients Receiving Continuous Renal Replacement Therapy.** *Pediatr Crit Care Med* 2018, **19**(11):1054-1058.
5. Hassinger AB, Wald EL, Goodman DM: **Early postoperative fluid overload precedes acute kidney injury and is associated with higher morbidity in pediatric cardiac surgery patients.** *Pediatr Crit Care Med* 2014, **15**(2):131-138.
6. Andersson A, Norberg Å, Broman LM, Mårtensson J, Fläring U: **Fluid balance after continuous renal replacement therapy initiation and outcome in paediatric multiple organ failure.** *Acta Anaesthesiol Scand* 2019, **63**(8):1028-1036.
7. Arikan AA, Zappitelli M, Goldstein SL, Naipaul A, Jefferson LS, Loftis LL: **Fluid overload is associated with impaired oxygenation and morbidity in critically ill children.** *Pediatr Crit Care Med* 2012, **13**(3):253-258.
8. Wald R, Beaubien-Souligny W, Chanchlani R, Clark EG, Neyra JA, Ostermann M, Silver SA, Vaara S, Zarbock A, Bagshaw SM: **Delivering optimal renal replacement therapy to critically ill patients with acute kidney injury.** *Intensive Care Med* 2022, **48**(10):1368-1381.
9. Bagshaw SM, Wald R, Adhikari NKJ, Bellomo R, da Costa BR, Dreyfuss D, Du B, Gallagher MP, Gaudry S, Hoste EA *et al*: **Timing of Initiation of Renal-Replacement Therapy in Acute Kidney Injury.** *N Engl J Med* 2020, **383**(3):240-251.

10. Raina R, Davenport A, Warady B, Vasistha P, Sethi SK, Chakraborty R, Khooblal P, Agarwal N, Vij M, Schaefer F *et al*: **Dialysis disequilibrium syndrome (DDS) in pediatric patients on dialysis: systematic review and clinical practice recommendations.** *Pediatr Nephrol* 2022, **37**(2):263-274.
11. Tuchman S, Khademian ZP, Mistry K: **Dialysis disequilibrium syndrome occurring during continuous renal replacement therapy.** *Clin Kidney J* 2013, **6**(5):526-529.
12. Svennerholm K, Enskog A: **CRRT.** In. Narkosguiden.se; 2019.
13. Raina R, Bedoyan JK, Lichter-Konecki U, Jouvet P, Picca S, Mew NA, Machado MC, Chakraborty R, Vemuganti M, Grewal MK *et al*: **Consensus guidelines for management of hyperammonaemia in paediatric patients receiving continuous kidney replacement therapy.** *Nat Rev Nephrol* 2020, **16**(8):471-482.
14. Savy N, Brossier D, Brunel-Guitton C, Ducharme-Crevier L, Du Pont-Thibodeau G, Jouvet P: **Acute pediatric hyperammonemia: current diagnosis and management strategies.** *Hepat Med* 2018, **10**:105-115.
15. Spinale JM, Laskin BL, Sondheimer N, Swartz SJ, Goldstein SL: **High-dose continuous renal replacement therapy for neonatal hyperammonemia.** *Pediatr Nephrol* 2013, **28**(6):983-986.
16. Fläring U: **Riktlinjer för akut njursvikt och kontinuerlig dialys (CRRT).** In.: BIVA, Astrid Lindgrens barnsjukhus, Karolinska universitetssjukhuset; 2022.
17. Deep A, Stewart CE, Dhawan A, Douiri A: **Effect of Continuous Renal Replacement Therapy on Outcome in Pediatric Acute Liver Failure.** *Crit Care Med* 2016, **44**(10):1910-1919.
18. Gupta S, Fenves AZ, Hootkins R: **The Role of RRT in Hyperammonemic Patients.** *Clin J Am Soc Nephrol* 2016, **11**(10):1872-1878.
19. Deep A, Alexander EC, Bulut Y, Fitzpatrick E, Grazioli S, Heaton N, Dhawan A: **Advances in medical management of acute liver failure in children: promoting native liver survival.** *Lancet Child Adolesc Health* 2022, **6**(10):725-737.
20. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, Agus MSD, Flori HR, Inwald DP, Nadel S, Schlapbach LJ, Tasker RC, Argent AC *et al*: **Surviving Sepsis Campaign International Guidelines for the Management of Septic Shock and Sepsis-Associated Organ Dysfunction in Children.** *Pediatr Crit Care Med* 2020, **21**(2):e52-e106.
21. Kodadek L, Carmichael Ii SP, Seshadri A, Pathak A, Hoth J, Appelbaum R, Michetti CP, Gonzalez RP: **Rhabdomyolysis: an American Association for the Surgery of Trauma Critical Care Committee Clinical Consensus Document.** *Trauma Surg Acute Care Open* 2022, **7**(1):e000836.
22. Deville K, Charlton N, Askenazi D: **Use of extracorporeal therapies to treat life-threatening intoxications.** *Pediatr Nephrol* 2024, **39**(1):105-113.
23. Raina R, Grewal MK, Blackford M, Symons JM, Somers MJG, Licht C, Basu RK, Sethi SK, Chand D, Kapur G *et al*: **Renal replacement therapy in the management of intoxications in children: recommendations from the Pediatric Continuous Renal Replacement Therapy (PCRRT) workgroup.** *Pediatr Nephrol* 2019, **34**(11):2427-2448.

24. Michel T, Ksouri H, Schneider AG: **Continuous renal replacement therapy: understanding circuit hemodynamics to improve therapy adequacy.** *Curr Opin Crit Care* 2018, **24**(6):455-462.
25. Wong Vega M, Vuong KT, Chmielewski J, Gollins L, Slagle C, Srivaths PR, Akcan Arikan A: **Nutrition for critically ill children and neonates requiring dialysis: Application of clinical practice recommendations.** *Nutr Clin Pract* 2023, **38 Suppl 2**:S139-s157.
26. Vega MRW, Cerminara D, Desloovere A, Paglialonga F, Renken-Terhaerd J, Walle JV, Shaw V, Stabouli S, Anderson CE, Haffner D *et al*: **Nutritional management of children with acute kidney injury-clinical practice recommendations from the Pediatric Renal Nutrition Taskforce.** *Pediatr Nephrol* 2023, **38**(11):3559-3580.

Provtagningsschema CRRT dag 1-6 Normalt CRRT-flöde

Dagligen

Vikt, blodgas

LPK, TPK, CRP, ev. PCT

Krea, urea, albumin,

Mg och fosfat

Läkemedel, ex vancomycin

ASAT, ALAT, bilirubin (eventuellt varannan dag)

Målvärden: Na >140 mmol/L och albumin >25 g/L

Dag 2 eller 3 i Prismax: Sänka CVVHDF flödet från 40 ml/kg/h till 25-30 ml/kg/h om möjligt, se rutin Prismax

Ge Glukos med peditrace och soluvit (tabell 5)

Provtagningschema CRRT Högflödes-CRRT (>40 ml/kg/h)

Obs hypotermi, hypoglycemi och hypokalemi. Täta blodgaser (följa Na, K, Ca_i, b-glukos)

Mäta serum Mg och fosfat var 8e timme!

- **Hyperammonemi hos nyfödda:** initialt **s. ammonium** varje timme första 8 timmarna, sedan var 4e timme så länge det pågår högflödes-CRRT och de första 12 timmarna efter sänkning till konventionellt CRRT-flöde.
- **Hyperammonemi pga. leversvikt:** initialt **s. ammonium** varannan timme (första 8 timmarna, sedan var 4e timme så länge det pågår högre flöden och de första 8 timmarna efter sänkning till konventionellt CRRT-flöde.
- **Rabdomyolys med högt serum myoglobin:** initialt **s. myoglobin** varannan timme (första 8 timmarna, sedan var 4e timme så länge det pågår högre flöden och de första 8 timmarna efter sänkning till konventionellt CRRT-flöde.

Dagligen

Vikt, blodgas

LPK, TPK, CRP, ev. PCT

Krea, urea, albumin

ASAT, ALAT, bilirubin

Läkemedel, ex vancomycin

Målvärden: Na >140 mmol/L och albumin >25 g/L

Ge Glukos med peditrace och soluvit (tabell 5).

Provtagningschema CRRT från dag 7

Målvärden: Na >140 mmol/L och albumin >25 g/L

Öka upp doseringen vattenlösliga vitaminer med 30%.

Proteintillförsel: 3 g/kg/dygn till spädbarn och 2-2.5 g/kg/dygn till barn >1 år. Öka upp proteintillförseln enteralt alternativt i pågående TPN

Dagligen

Vikt, blodgas

LPK, TPK, krea, urea

Läkemedelsprov, ex vancomycin

Måndagar

Mg, fosfat, selen, zink

Albumin, ASAT, ALAT, bilirubin, CRP

Total aminosyror, protein, serum carnitine

TSH, fritt T4 (fT4)

D-vitamin (25-hydroxi-vitamin D)

Onsdagar

Mg, fosfat

Albumin, ASAT, ALAT, bilirubin, CRP

Fredagar

Mg, fosfat, selen, zink

Albumin, ASAT, ALAT, bilirubin, CRP

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Verksamhet AnOpIva neonatal barn

Innehållsansvar: Elín Thorlacius, (elith8), Överläkare

Godkänd av: Angela Hanson, (angha), Verksamhetschef

Dokument-ID: SU9805-1593997-3084

Version: 3.0

Giltig från: 2025-01-29

Giltig till: 2030-01-29